

Sistem Pengaturan Kecepatan Motor DC pada Alat Pengaduk Adonan Dodol Menggunakan Kontroler PID

Arga Rifky Nugraha, Pembimbing 1: Rahmadwati, Pembimbing 2: Retnowati.

Abstrak— Pengontrolan kecepatan pada alat pengaduk adonan dodol menggunakan motor DC menyempurnakan alat pengaduk yang masih diputar secara manual. Hal tersebut membuat produksi dodol terkadang banyak terdapat *human error*.

Digunakan Kontroler PID untuk mengurangi kesalahan, sehingga putaran motor dapat sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Pada skripsi ini digunakan metode *hand tuning*. Dalam pembuatannya digunakan Arduino Uno Rev3, sensor *optocoupler* BS5-T2M, motor DC.

Dari hasil pengujian terhadap aplikasi kontroler PID dengan menggunakan metode *hand tuning*. Didapatkan parameter PID dengan nilai $K_p=0.95$, $K_i= 0.00000001$, dan $K_d =100$ yang menunjukkan bahwa respons sistem untuk pengendalian kecepatan putaran pada alat pengaduk adonan dodol mempunyai *error steady state* sebesar 0.3%, waktu *steady* hanya 3 detik, dan tidak terdapat overshoot. Dari pengujian juga didapatkan masih dibawah batas toleransi kesalahan sebesar 2% - 5%.

Kata kunci— PID, Alat Pengaduk Adonan Dodol, Sistem Pengontrolan Kecepatan.

I. PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya ilmu pengetahuan memberikan dampak positif pada perkembangan dunia elektronik khususnya pada bidang sistem kontrol. Salah satunya adalah aplikasi teknik elektro yang diterapkan pada alat pengaduk adonan dodol menggunakan motor DC. Pada saat ini, masih banyak alat pengaduk adonan dodol yang diputar secara manual sehingga memungkinkan terjadi *human error* karena melakukan proses terberat dalam pembuatan makanan khas dodol.^[1]

Hal ini tentunya memiliki kerugian yang cukup banyak, karena tidak jarang adonan yang menjadi gosong dan menyebabkan adonan tidak matang secara merata, hal ini terjadi karena pengaruh putaran yang tidak stabil. Sehubungan dengan banyaknya alat pengaduk adonan dodol yang dioperasikan secara manual, penelitian ini memberikan suatu inovasi dengan merancang suatu alat yang putarannya dapat dikontrol secara stabil.

Kontroler yang digunakan pada penelitian ini adalah Proporsional Integral Differensial (PID). Dengan mengurangi sinyal kesalahan yang terjadi saat sistem bekerja, serta mampu memberikan keluaran sinyal kontrol yang memiliki respon cepat, *error steady state* kecil, dan tidak ada *overshoot*. Semakin kecil kesalahan yang terjadi, maka semakin baik kinerja sistem kontrol yang diterapkan. Kontroler ini memiliki

nilai parameter proporsional sebagai nilai pengali *error* untuk nilai koreksi. Nilai parameter integral sebagai perbaikan kesalahan keadaan mantap mencapai nol. Dan nilai parameter deferensial sebagai perbaikan respon transien dan meredam osilasi. Dengan menggunakan kontroler PID diharapkan putaran pada alat pengaduk adonan ini dapat dipertahankan sesuai dengan yang diinginkan.

Dengan mempertimbangkan keterbatasan waktu perancangan, pengujian serta keterbatasan adonan maka hasil yang ingin dicapai adalah pengaturan kecepatan putaran yang stabil pada alat pengaduk adonan dodol dengan beban yang telah ditetapkan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Alat Pengaduk Adonan

Spesifikasi alat yang dirancang adalah sebagai berikut:



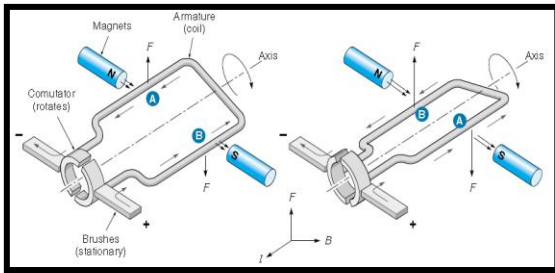
Gambar 1 Alat Pengaduk adonan dodol

Alat pengaduk adonan dengan ukuran

- Tinggi : 65 cm
- Diameter : 1.7 cm
- Kapasitas : 5 kg (disesuaikan dengan tempat adonan)
- Bahan : *Stainless Steel*
- Blade pada ujung pengaduk berbentuk dasar persegi panjang yang dibentuk spiral dengan panjang 39 cm dan lebar 5.5 cm serta memiliki kemiringan 30°.

B. Motor Direct Current (DC)

Motor DC berfungsi sebagai aktuatur pada alat pengaduk adonan. Cara kerja dari motor DC ini yaitu dengan mengatur kecepatan putaran alat pengaduk sesuai dengan perintah kontroler. Gambarmotor DC pada alat dapat dilihat dalam Gambar 2.^[5]



Gambar 2 Motor DC

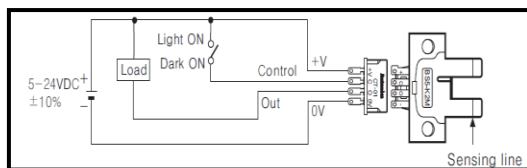
C. Sensor Kecepatan Optocoupler

Optocoupler adalah suatu piranti yang terdiri dari 2 bagian yaitu transmitter dan receiver, yaitu antara bagian cahaya dengan bagian deteksi sumber cahaya terpisah.



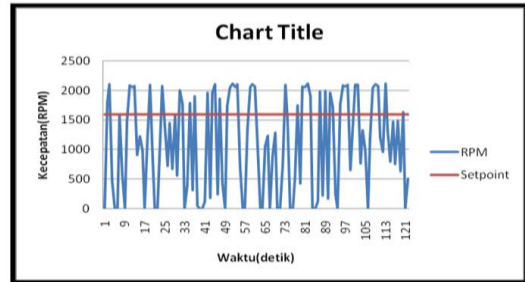
Gambar 3 Sensor Kecepatan Optocoupler

Sensor *optocoupler* digunakan sebagai pengukur kecepatan putaran motor DC. Penempatan sensor ini tepat sejajar dengan motor DC, jadi setiap perubahan kecepatan dari motor DC akan ikut mempengaruhi perubahan jumlah pulsa. Sistem perancangan dan rangkaian sensor *optocoupler* ditunjukkan pada Gambar 4.^[4]



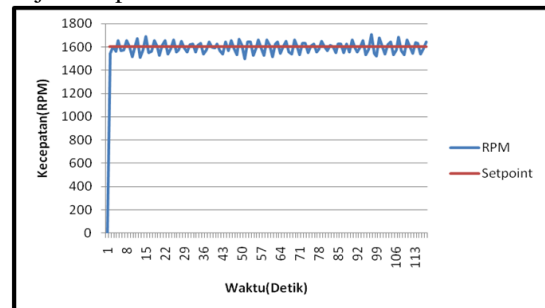
D. Kontroler PID

Ada berbagai macam metode dalam melakukan *tuning* kontroler PID, antara lain Ziegler-Nichols *tuning*, *loop tuning*, metode analitis, optimisasi, *pole placement*, *auto tuning*, dan *hand tuning*.^[3] Pada perancangan kontroler PID di sistem pengendalian kecepatan pada alat pengaduk kali ini menggunakan metode Ziegler-Nichols untuk menentukan parameter K_p , K_i , dan K_d . Dari penghitungan penentuan nilai penguatan dari metode kedua Ziegler-Nichols, diperoleh $K_p = 6$, $K_i = 4$, $K_d = 2.85$ yang akan digunakan untuk pengendali kecepatan motor DC. Dengan nilai K_p , K_i , dan K_d yang sudah diperoleh, maka grafik sistem respon yang diperoleh ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5 Respon PID Zygler Nichols

Karena dengan metode Ziegler-Nichols respon yang didapat tidak sesuai dengan yang diinginkan karena tidak mencapai setpoint, maka digunakan metode lain yaitu *hand-tuning* untuk memperbaiki respon yang telah didapatkan nilai $K_p = 0.95$, $K_i = 0.00000001$, dan $K_d = 100$. Dengan nilai K_p , K_i , K_d yang sudah diperoleh, maka grafik respon akan ditunjukkan pada Gambar 6.



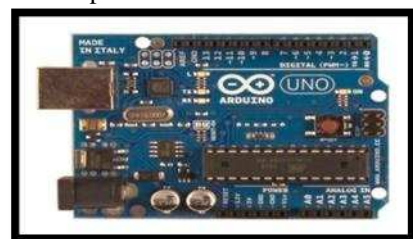
Gambar 6 Respon PID Hand Tunning

Dengan metode *Hand Tuning* pada Gambar 6, maka respon menjadi lebih baik karena hanya memiliki *Ess* 3% dan waktu *steady* 3 detik.

E. Arduino

Arduino Uno adalah *board* mikrokontroler berbasis ATmega328. Memiliki 14 pin *input* dari *output* digital dimana 6 pin *input* tersebut dapat digunakan sebagai *output* PWM dan 6 pin *input* analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack power*, ICSP header, dan tombol *reset*. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan *Board* Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC ke adaptor DC atau baterai untuk menjalankannya.

Uno berbeda dengan semua *board* sebelumnya dalam hal koneksi USB-to-serial yaitu menggunakan fitur Atmega8U2 yang diprogram sebagai konverter *USB-to-serial* berbeda dengan *board* sebelumnya yang menggunakan chip FTDI driver *USB-to-serial*.^[4]



Gambar 7 Tampak depan Arduino Uno

F. Karakteristik Beban (Adonan Dodol)

Beban yang digunakan adalah adonan dodol. Pada adonan dodol terdapat campuran air, tepung beras, dan gula. Dalam proses pembuatan dodol, perlu dilakukan proses pemanasan yang berfungsi untuk melarutkan gula dan memekatkan larutan. Menurut Kusumah (2002), standar proses pemanasan untuk pembuatan dodol adalah dengan suhu antara $80^{\circ} - 85^{\circ}$ celcius. Proses pemanasan dilakukan hingga kekentalan yang diinginkan. Namun suhu tidak begitu berpengaruh terhadap tingkat kekentalan adonan dodol hanya saja suhu mempengaruhi waktu yang dibutuhkan untuk menuju kekentalan yang diinginkan. Selain proses pemanasan, dalam waktu yang bersamaan juga dilakukan proses pengadukan dengan kecepatan rendah serta konstan untuk mencampur bahan-bahan tersebut agar dodol yang dihasilkan berkualitas baik.^[1]

Bahan yang digunakan untuk membuat dodol:

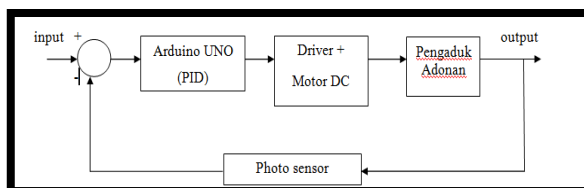
- 250 gram tepung ketan
- 500 gram gula merah (gula jawa)
- 400 ml santan cair dari setengah kelapa
- 250 ml santan kental dari satu kelapa.

III. PERANCANGAN ALAT

Perancangan ini meliputi pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras meliputi perancangan mekanik alat pengaduk adonan perancangan rangkaian sensor *optocoupler*, motor DC sebagai penggerak. Perancangan perangkat lunak meliputi pembuatan program pada *software arduino ERW 1.0.5*.

A. Diagram Blok Sistem

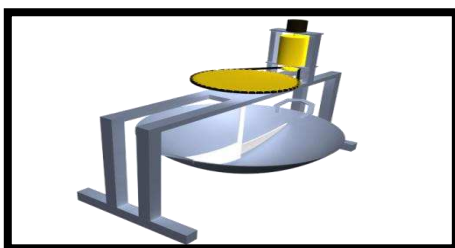
Diagram blok sistem yang dirancang ditunjukkan dalam Gambar 8.



Gambar 8 Blok Diagram Sistem

B. Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Alat pengaduk adonan berbahan *stainless steel* yang digunakan sebagai material utama. Berikut perancangannya dalam Gambar 9.



Gambar 9 Perancangan Alat Pengaduk Adonan

C. Motor DC

Motor DC berfungsi untuk memutar alat pengaduk. Motor DC terpasang *pulley* yang terhubung langsung dengan *pulley* pada as pengaduk menggunakan belt. Berikut adalah gambar perancangan pemasangan motor DC pada alat pengaduk.

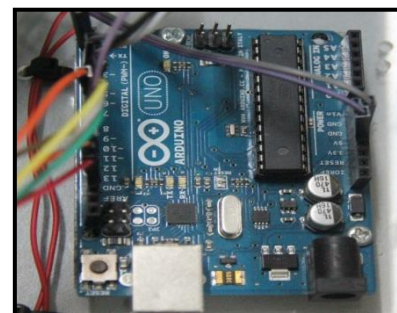


Gambar 10 Pemasangan Motor pada Alat Pengaduk

Motor DC dipasang terhubung pada as pada alat pengaduk menggunakan *belt* dengan tujuan putaran yang dihasilkan oleh motor DC lebih ringan sehingga dapat mencapai kecepatan yang diinginkan.

D. Modul Arduino Uno Rev.3

Modul arduino yang digunakan adalah jenis Arduino Uno Rev-3. Arduino tersebut digunakan sebagai ADC, kontroler, dan pemberi sinyal PWM. Arduino mampu menerima tegangan masuk ke ADC yang ada pada arduino, yaitu antara 0-5V. Untuk mengontrol plan, Arduino perlu diprogram menggunakan Arduino ERW 1.0.5. Sedangkan *output* yang dikeluarkan oleh arduino dapat berupa sinyal PWM.



Gambar 11 Arduino Uno Rev3

Arduino Uno adalah *board* mikrokontroler berbasis ATmega328. Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin *input* tersebut dapat digunakan sebagai *output* PWM dan 6 pin *input* analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack power*, ICSP header, dan tombol *reset*.

Perancangan penggunaan pin *input/output* dapat dilihat dalam Tabel 1.

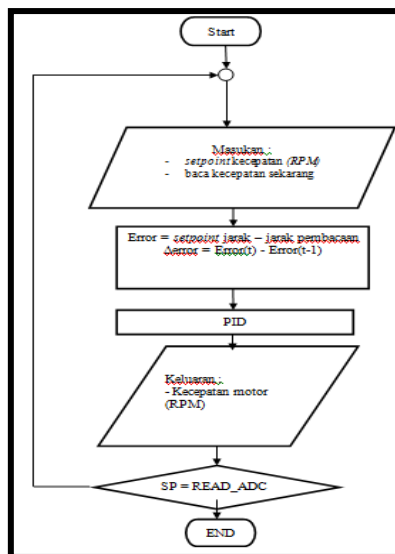
Tabel 1 Fungsi Pin Arduino Uno Rev3

Pin	Fungsi
2	LCD D7 pin
3	LCD D6 pin
4	LCD D5 pin
5	LCD D4 pin
6	Jalur masukan PWM
5v	Jalur masukan catu daya 5
GND	Jalur masukan ground
10	LCD D7 pin
11	LCD Enable pin
12	LCD RS pin
13	Jalur Masukan LED dari <i>optocoupler</i>

E. Perancangan Perangkat Lunak

Pada penelitian ini pemrograman keseluruhan sistem menggunakan bahasa pemrograman C++ dengan *software* Arduino 1.0.5.

Flowchart perancangan perangkat lunak ditunjukkan dalam Gambar 12 berikut.



Gambar 12 Flowchart Program

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

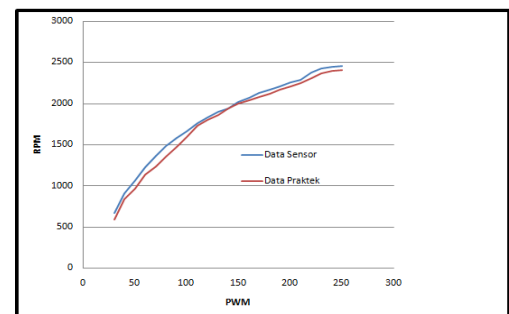
Pengujian ini meliputi: pengujian driver, hubungan PWM dengan kecepatan motor, pengujian sensor *Optocoupler* BS5-T2M dan pengujian sistem secara keseluruhan. Pengujian di atas dilakukan dengan tujuan memperoleh karakteristik dari tiap alat yang kemudian dapat dilakukan penyesuaian pada sistem.

A. Pengujian Sensor Optocoupler

Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan data keluaran dari sensor *optocoupler* dengan data praktek menggunakan *tachometer*. Berikut hasil pengujian sensor *Optocoupler* ditunjukkan pada Tabel 2.

PWM	RPM sensor	RPM Tachometer
0	0	0
10	0	0
20	0	0
30	664.44	585
40	907.2	830
50	1059.24	960
60	1218.84	1130
70	1359.96	1230
80	1475.88	1355
90	1573.32	1475
100	1659	1590
110	1752.24	1725
120	1829.52	1800
130	1894.2	1860
140	1938.72	1940
150	2014.32	1995
160	2065.56	2035
170	2125.2	2080
180	2167.2	2120
190	2206.68	2165
200	2248.68	2205
210	2286.48	2250
220	2370.48	2310
230	2420.88	2365
240	2444.4	2395
250	2451.96	2405

Tabel 2 Hasil Pengujian Sensor *Optocoupler*
Hasilnya tampak pada Gambar 13.



Gambar 13 Grafik Perbandingan Nilai Pembacaan Sensor Kecepatan dengan Data Praktek

Dari Gambar 13, terdapat kesalahan antara pembacaan sensor dan pembacaan manual menggunakan *tachometer* sebesar 3.97%.

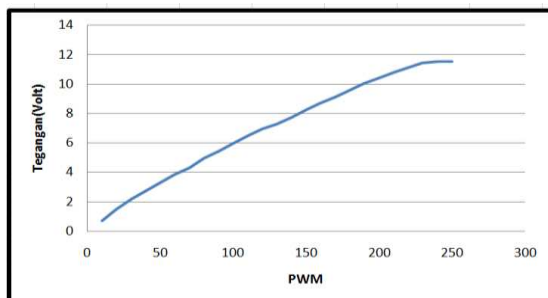
B. Pengujian Driver Motor

Pengujian driver motor DC ini bertujuan untuk mengetahui *output driver* motor yang dibandingkan dengan masukannya yang kemudian dapat diketahui juga hubungan keluaran *Pulse Width Modulation* (PWM) dengan tegangan yang dibutuhkan untuk motor DC. Berikut hasil dari pengujian Driver *EMS H-Bridge* 5A dalam Tabel 3.

PWM	DUTY Cycle Driver	Tegangan Driver(Volt)
10	11.6	0.704
20	18.1	1.47
30	24.7	2,191
40	29.4	2,767
50	33.0	3,292
60	36.2	3.84
70	40.1	4.33
80	44.3	4.96
90	48.1	5.42
100	52.1	5.98
110	56.8	6.51
120	60.3	6.94
130	64.0	7.27
140	67.7	7.73
150	69.7	8.24
160	70.3	8.70
170	74.0	9.13
180	78.2	9.62
190	81.9	10.06
200	85.1	10.43
210	88.4	10.82
220	??	11.15
230	??	11.45
240	??	11.53
250	??	11.55

Tabel 3 Hasil Keluaran Tegangan Driver EMS H-Bridge 5 A

Dari tabel 3 diatas didapatkan grafik hubungan *Pulse Widht Modulation*(PWM) dengan keluaran tegangan pada Gambar 14.

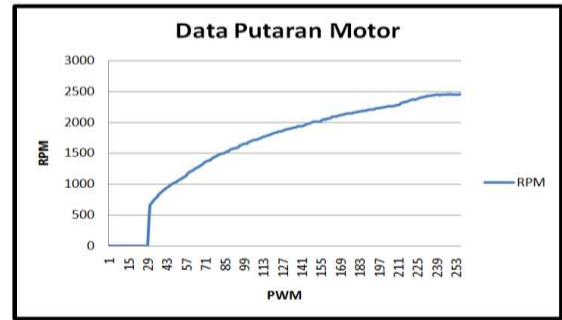


Gambar 14 Grafik Hubungan PWM dengan Tegangan Keluaran Driver

Dari Gambar 14 dapat dilihat bahwa semakin besar PWM, maka semakin besar juga tegangan yang dibutuhkan oleh motor.

C. Pengujian Kecepatan Motor

Pengujian kecepatan motor dilakukan dengan memberikan nilai PWM sebesar 0 – 255, kemudian diperoleh respon kecepatan motor seperti Gambar 15.

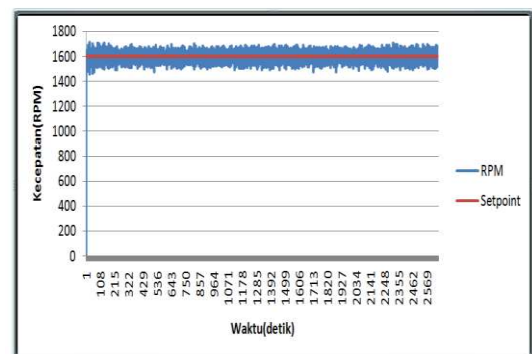


Gambar 15 Grafik Hubungan PWM dengan Kecepatan Motor

Dari gambar 15 dapat dilihat motor mulai berputar di kisaran PWM 29, kecepatan motor *Direct Current* (DC) mengalami perubahan yang besar dalam kisaran PWM 30–120 sedangkan pada PWM 121–255 perubahan kecepatan tidak begitu besar.

D. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Data dari hasil pengujian secara keseluruhan untuk mengetahui kinerja perangkat keras dan perangkat lunak serta mengetahui respon keseluruhan sistem. Implementasi nilai parameter PID yang telah dihitung yaitu $K_p=0.95$, $K_i=0.00000001$ dan $K_d=100$ dengan Setpoint 1600. Data tersebut dicatat dan diolah pada Microsoft Excel, agar terlihat grafik kenaikan kecepatan di dalam alat pengaduk. Grafik tersebut dapat dilihat di dalam Gambar 16.



Gambar 16 Grafik Respon Sitem Keseluruhan

Dari grafik di atas, diketahui bahwa hasil respon memiliki % error sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Ess} &= \frac{|\text{Average speed steady} - \text{setpoint}|}{\text{setpoint}} \times 100 \% \\
 &= \frac{|159.29 - 1600|}{1600} \times 100 \% \\
 &= 0.3 \%
 \end{aligned}$$

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari perancangan, pengujian dan pengamatan yang telah dilakukan pada penelitian sistem pengendalian kecepatan maka pada alat pengaduk adonan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1). Berdasarkan data respons sistem yang diperoleh dari pengujian dengan menggunakan metode *hand tuning*, maka parameter kontroler PID dapat ditentukan dengan gain $k_p=0.95$ $k_i= 0.00000001$ dan $k_d=100$ dan toleransi error sebesar 0.3%
- 2). Hasil pengujian terhadap sistem pengendalian kecepatan putaran motor DC pada alat pengaduk adonan menunjukkan bahwa respon sistem untuk memiliki t_s (*time steady*) hanya membutuhkan waktu 3 detik. Jadi hasil pengujian ini menunjukkan bahwa Arduino uno dengan metode kontrol PID menghasilkan respon sesuai dengan yang diharapkan dan mampu diaplikasikan pada alat pengaduk adonan.

B. Saran

Dalam perancangan dan pembuatan alat ini masih terdapat kelemahan. Untuk memperbaiki kinerja alat dan pengembangan lebih lanjut disarankan:

1. Disarankan untuk menggunakan rotary encoder sebagai sensor kecepatan agar pembacaan kecepatan lebih baik.
2. Disarankan untuk melakukan *tuning* parameter PID menggunakan metode selain *hand tuning* yang memungkinkan respon bisa lebih bagus.
3. Disarankan melakukan penelitian terhadap pengontrolan kecepatan yang adaptif yang terpengaruh oleh beban.
4. Disarankan untuk melakukan pengontrolan dengan metode selain PID.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ardiansyah, Rendy. 2013. *Perancangan Dan Pembuatan Alat Pengaduk Adonan Dodol Dengan Kecepatan Konstan Dan Torsi Adaptif*. Malang: Universitas Brawijaya.
- [2] *Arduino.cc, Arduino uno datasheet*.
- [3] Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan)*. Erlangga. Jakarta.
- [4] *Photo sensor BS5-T2M datasheet*
- [5] Soemarwanto. 1993. *Dasar Konversi Energi Elektrik Jilid II*. Malang: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.



Arga Rifky Nugraha., lahir di Malang, Jawa Timur pada 13 Mei 1991. Pendidikan sekolah dasar ditempuh di SD Islam Sabilillah Malang tahun 1997-2003, untuk sekolah menengah ditempuh di SMPN 8 Malang (2003-2006) dan SMAN 4 Malang (2006-2009). Sekarang, penulis sedang menempuh pendidikan sarjana di Universitas Brawijaya Jurusan Teknik Elektro.